

Сверхпроводимость наноструктурированного эвтектического сплава GaAg

Лихолетова Марина Владимировна

Санкт-Петербургский государственный университет

Чарная Елена Владимировна

m.likholetova@spbu.ru

Большой интерес представляют наноструктурированные сверхпроводники, свойства которых отличаются от свойств объемных сверхпроводящих образцов [1]. Ограниченная геометрия наноструктур влияет на характер движения сверхпроводящих вихрей в материале, величины критических температур, полей и токов. Тем не менее, сверхпроводимость включенных в наноконкомпозиты металлических сплавов все ещё слабо изучена.

В качестве образца в настоящей работе был взят эвтектический сплав $\text{Ga}_{97}\text{Ag}_3$, внедренный в опаловую матрицу. Ранее был исследован сплав такого же состава, введенный в пористое силикатное стекло со средним размером пор 7 нм [2]. Температура перехода в сверхпроводящее состояние в магнитном поле 10 Э была равна 7.1 К. В работе [3] исследовалась сверхпроводимость объемного сплава Ga-Ag в зависимости от концентрации Ga (от 5 до 98 %). В образцах с концентрацией Ga вне диапазона 20 – 70 % сверхпроводимость не была найдена. Для образцов в указанном диапазоне критическая температура лежала в интервале от 6,5 К до 8 К.

Измерения dc намагниченности в режимах нагрева после охлаждения в нулевом магнитном поле (ZFC) и охлаждения и нагрева в ненулевом поле (FCC и FCW соответственно) были проведены на Quantum Design MPMS 3 (Magnetic Property Measurement System) SQUID магнитометре в диапазоне температур 1,8 - 10 К в магнитных полях от 0 до 70 кЭ. Были также сняты полевые зависимости намагниченности при температурах 4, 5,5, 6,4 и 8 К в диапазоне полей от – 50 до 50 кЭ.

Гистерезисный вид зависимости намагниченности от магнитного поля при температурах ниже температуры фазового перехода в сверхпроводящее состояние свидетельствует о том, что образец ведет себя как «грязный» сверхпроводник второго рода. Неоднородная структура образца изменяет геометрию сверхпроводящих вихрей с треугольной решетки абрикосовских вихрей [4] на вихревое стекло с центрами пиннинга [5].

На температурных зависимостях dc намагниченности наблюдались ступени, которые могут говорить о наличии различных структурных модификациях галлия, обладающих сверхпроводящими свойствами.

Верхняя критическая температура образца в присутствии магнитного поля, равного 10 Э, была равна 7,7 К, что существенно выше критической температуры для объемного α -Ga. Можно предположить, что такое увеличение T_c связано с возникновением под влиянием наноконфайнмента другой фазы галлия в сплаве.

Пористые структуры с внедренными в нее металлами или сплавами могут быть описаны с помощью теоретической модели, где сверхпроводник рассматривается как совокупность гранул, соединенных между собой слабыми или сильными джозефсоновскими связями [6]. Неполное экранирование внешнего магнитного поля даже при температуре 1,8 К свидетельствует о значительной доле слабых связей между сверхпроводящими гранулами.

По результатам проведенных измерений были построены фазовые диаграммы в плоскости $H - T$. На фазовой диаграмме для критической температуры наблюдалась аномальная положительная кривизна в области слабых магнитных полей, которая переходила в обычную отрицательную кривизну с увеличением магнитного поля.

Работы проводились на оборудовании ресурсного центра Научного парка СПбГУ «Центр диагностики функциональных материалов для медицины, фармакологии и нанoeлектроники».

Исследования были проведены при финансовой поддержке РФФИ, грант № 19-07-00028 А.

Список публикаций:

- [1] Bean C.P., Doyle M.V., Pincus A.G. // *Phys. Rev. Letters*. 1962. No. 9. p. 93.
- [2] Likholetova M.V., Lezova I.E., Shevchenko E.V., Charnaya E.V., Lee M.K., Chang L.-J., Kumzerov Y.A., Fokin A.V. // *MEPhI's Section of the Scientific Session on "Breakthrough directions of scientific research at MEPhI: Development prospects within the Strategic Academic Units"*, *KnE Engineering*. 2018. p. 416 – 421.
- [3] Alekseevskii N.E. // *JETP*. 1966. V. 22. No. 1. p. 114.
- [4] Abrikosov A. A. // *UFN*. 2004. V. 17. No. 11. p. 1234–1239.
- [5] Zhao H., Misko V.R., Tempere J., Nori F. // *Phys. Rev. B*. 2017. No. 95. p. 104519.
- [6] Malozemoff A.P. // *Singapore: World Scientific Publ. Co.* 1989. p. 71.